

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (00)

A.D

09/743778.

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DE 99/1691



REC'D	02 SEP 1999
WIPO	PCT

EU

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Bescheinigung

Die G. RAU GmbH & Co in Pforzheim/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Mechanisches Verbindungselement"

am 30. Juli 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol F 16 B 2/06 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 15. Juli 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Nietiedt



Patentzeichen: 198 34 305.1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft Verbindungselemente zum mechanischen Verbinden von Bauelementen (2, 3). Es wird vorgeschlagen, ein elastisch verformbares Spannelement (10) zu verwenden, das einen Federwerkstoff aus einer superelastischen Formgedächtnislegierung, insbesondere einer Nickel-Titan-Legierung, umfaßt, der in dem Spannelement (10) elastisch gedehnt ist.

(Fig. 14)

Anmelder: G. Rau GmbH & Co.
Pforzheim, DE

Mechanisches Verbindungselement

Die Erfindung betrifft ein Verbindungselement zum mechanischen Verbinden von Bauelementen, umfassend ein elastisch verformbares Spannelement, das im elastisch verformten Zustand eine Haltekraft auf mindestens ein durch das Verbindungselement verbundenes Bauelement ausübt, durch die eine kraftschlüssige Verbindung des mindestens einen Bauelements mit dem Spannelement oder einem anderen Bauelement bewirkt wird. Die Erfindung richtet sich insbesondere auf das Verbinden von längererstreckten, drahtförmigen Bauelementen wie Profilen und Rohren, auch mit kleinen Durchmessern im Bereich weniger Millimeter oder kleiner. Unter Verbindung wird dabei ein Anschluß eines Spannelements an ein zu verbindendes Bauelement oder das Verbinden von zwei oder mehr Bauelementen untereinander verstanden. Insbesondere richtet sich die Erfindung auf das mechanische Verbinden von Bauelementen, die aus einem schlecht schweiß- oder lötbaren Material bestehen, zum Beispiel aus einer Nickel-Titan-Legierung.

In vielen Bereichen der Technik besteht das Erfordernis, Bauelemente mechanisch zu verbinden, wobei auch solche

Verbindungen gewünscht sind, die sich erforderlichenfalls wieder lösen lassen. Eine gebräuchliche Methode besteht darin, ein elastisch verformbares Spannelement zu verwenden, das im elastisch verformten Zustand eine Haltekraft auf ein zu verbindendes Bauelement ausübt und die Haltekraft eine kraftschlüssige Verbindung des Bauelements mit dem Spannelement oder einem anderen Bauelement bewirkt. Dabei gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten, das Spannelement elastisch zu verformen.

Die erste Variante besteht darin, das Spannelement aus einer entspannten Ausgangslage mittels einer elastischen Verformung in eine vorgespannte Lage zu bringen, in der es verformt und elastisch gedehnt ist. In der vorgespannten Lage kann dann das mindestens eine zu verbindende Bauelement in das Spannelement eingesetzt werden (oder gegebenenfalls umgekehrt das Spannelement in das Bauelement). Anschließend läßt man das Spannelement in eine weniger gespannte Lage zurückkehren, in der es eine von der elastischen Verformung ausgehende Haltekraft auf das verbundene Bauelement ausübt, durch die die kraftschlüssige Verbindung bewirkt wird.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, das Spannelement aus einer entspannten Ausgangslage in eine gespannte Lage zu bringen, in der die von der Dehnung erzeugte mechanische Spannung die Haltekraft erzeugt. Dabei kann das Spannelement gegebenenfalls vor dem Einführen des zu verbindenden Bauelements in einer entgegengesetzten Richtung vorgespannt werden.

So ist es beispielsweise im Stand der Technik bekannt, Sechskant-Stiftschlüssel an ihrem Ende mit gewickelten Federn aus Stahl zu versehen, die derart um das Schlüsselende gewickelt sind, daß aufgrund der Federspannung

die Feder den Stift kraftschlüssig einspannt, so daß der Schlüssel mittels der Feder an einem Schlüsselbund befestigt werden kann. Die Feder kann gemäß der ersten beschriebenen Variante dabei zum Einführen des Schlüssels geweitet werden und übt in einer teilentspannten Lage die Haltekraft aus. Andererseits kann die Feder aber auch gemäß der zweiten beschriebenen Variante, die gewisse Ähnlichkeiten zum Crimpen aufweist, auf den Schlüssel aufgesetzt und den Durchmesser verkleinernd zusammengezogen werden; auch dabei bildet sich durch die Umwicklung des Schlüsselendes eine Haltekraft aus.

Ein anderes aus dem Stand der Technik bekanntes Beispiel sind schrumpfende Verbindungsmuffen zur Verbindung zweier stirnseitig aneinander stoßender Rohre. Dabei wird eine Formgedächtnislegierung mit einem unterdrückten Formgedächtniseffekt in Form einer Muffe um die Verbindungsstelle gelegt und geschrumpft. Der gesamte nutzbare Schrumpfeffekt beträgt nach Abzug des Montagespiels, der Substrattoleranz, der Substratverformung beim Schrumpfen und des unterdrückten Formgedächtniseffekts insgesamt etwa drei bis vier Prozent, so daß die Toleranzen genau eingehalten werden müssen, um eine zuverlässige Verbindung herzustellen. Diesen Schrumpfverbindungen liegt der Einwegeffekt zugrunde, was bedeutet, daß die Verbindungen nicht mehr lösbar sind. Der beim Schrumpfvorgang zum Verbinden ausgenutzte Effekt beruht auf einer Phasenumwandlung, bei der sich das Gefüge des Materials der Schrumpfmuffe ändert.

Der Erfindung liegt unter Berücksichtigung dieses Standes der Technik die Aufgabe zugrunde, ein Verbindungselement zum mechanischen Verbinden von Bauelementen zu schaffen, das größere Toleranzen und Maßabweichungen bei dem Spannungselement und/oder den Bauelementen zuläßt und dennoch eine

hohe Haltekraft erzeugt. Die Festigkeit der Verbindung und die erzeugte Haltekraft soll groß sein. Ferner ist es wünschenswert, wenn die hergestellte Verbindung bei Bedarf wieder lösbar ist.

Die erfindungsgemäße Lösung bei einem Verbindungselement zum mechanischen Verbinden von Bauelementen, umfassend ein elastisch verformbares Spannelement, das im elastisch verformten Zustand eine Haltekraft auf mindestens ein verbundenes Bauelement ausübt, durch die eine kraftschlüssige Verbindung des mindestens einen Bauelements mit dem Spannelement oder einem anderen Bauelement bewirkt wird, besteht darin, daß das Spannelement einen Federwerkstoff aus einer superelastischen Formgedächtnislegierung, insbesondere einer Nickel-Titan-Legierung umfaßt, der in dem Spannelement elastisch (rein elastisch, superelastisch) gedehnt ist.

Bei Legierungen, die annähernd gleich viele Titan- und Nickel-Atome enthalten, sind besondere Effekte zu beobachten, aufgrund derer solche Legierungen auch Formgedächtnis-Legierungen genannt werden. Die Effekte beruhen auf einer thermoelastischen martensitischen Phasenumwandlung, d.h. einer temperaturabhängigen Änderung der Kristallstruktur: bei hohen Temperaturen ist die Legierung austenitisch, bei niedrigen Temperaturen dagegen martensitisch. Nach T. W. Duerig und H. R. Pelton, ("TI-NI Shape Memory Alloys", in: Materials Properties Handbook: Titanium Alloys, 1994, S. 1035-1048, ASM International 1994) sind bei Formgedächtnis-Legierungen zwei Eigenschaften zu unterscheiden. Legierungen mit einem Titangehalt zwischen 49,7 bis 50,7 Atom% zeigen ein thermisches Formgedächtnis, auch Shape-Memory genannt, Legierungen mit einem Titangehalt von 49,0 bis 49,4 Atom% ein mechanisches Formgedächtnis, auch Superelastizität genannt.

Nicht nur binäre Nickel-Titan-Legierungen können die genannten Eigenschaften haben. Eine Formgedächtnis-Legierung kann ternäre Bestandteile (z.B. Eisen, Chrom oder Aluminium) enthalten. Das Verhältnis von Nickel und Titan sowie die Anwesenheit ternärer Beimengungen haben großen Einfluß auf die Ausprägung des thermischen und mechanischen Formgedächtnisses.

Um für Bauelemente wie beispielsweise die oben beschriebenen Schrumpfmuffen das thermische Formgedächtnis zu nutzen, wird eine Legierung mit geeigneter Zusammensetzung durch Abkühlen diffusionslos vom austenitischen Gefüge in das martensitische Gefüge umgewandelt. Eine anschließende Verformung eines aus dieser Legierung gefertigten Bauteiles kann durch eine thermische Behandlung des Bauelementes (Erwärmen auf Temperaturen oberhalb einer bestimmten Umwandlungstemperatur) wieder rückgängig gemacht werden. Dabei wird das ursprüngliche austenitische Gefüge wieder eingestellt, und das Bauteil nimmt seine ursprüngliche Gestalt an. Als Umwandlungstemperatur wird im allgemeinen die Temperatur bezeichnet, bei der der Martensit vollständig in Austenit umgewandelt ist. Die Umwandlungstemperatur ist stark von der Zusammensetzung der Legierung und in dem Bauteil herrschenden Spannungen abhängig. Bauelemente, die ein thermisches Formgedächtnis zeigen, können Bewegungen erzeugen und/oder Kräfte ausüben.

Der mechanische Formgedächtniseffekt tritt bei einem Bauelement aus einer geeigneten Legierung mit austenitischem Gefüge ein, wenn das Bauelement in einem bestimmten Temperaturbereich verformt wird. Dabei ist es für das austenitische Gefüge energetisch günstiger, sich spannungsinduziert in Martensit umzuwandeln, wobei elastische Dehnungen von bis zu zehn Prozent erreicht werden können.

Bei Entlastung kehrt das Gefüge wieder in die austenitische Phase zurück. Bauelemente aus einer derartigen Legierung werden daher zum Speichern von Deformationsenergie verwendet.

Legierungen, die die oben beschriebenen Eigenschaften zeigen, sind unter den Begriffen Nickel-Titan, Titan-Nickel, Tee-nee, Memorite^R, Nitinol, Tinel^R, Flexon^R, Euroflex^R und Shape-Memory-Alloys bekannt. Dabei beziehen sich diese Begriffe nicht auf eine einzelne Legierung mit einer bestimmten Zusammensetzung, sondern auf eine Familie von Legierungen, die die beschriebenen Eigenschaften zeigen.

In vielen technischen Gebieten, z.B. der Medizintechnik und der Feinmechanik, besteht aufgrund der besonderen Eigenschaften von Nickel-Titan-Legierungen ein großes Interesse, aus Formgedächtnis-Legierungen gefertigte Bauelemente einzusetzen, auch in Form von Rohren, insbesondere mit kleinem Außendurchmesser. In der Mechanik können sie beispielsweise für Schalt-, Stellemente oder Ventile benutzt werden. Auch in der Medizintechnik werden Formgedächtnis-Legierungen in zunehmendem Maße verwendet, da Bauteile aus derartigen Legierungen körperverträglich und ermüdungsfest sind und im Falle von superelastischen Legierungen auch eine hohe Knickfestigkeit zeigen. Beispiele für den Einsatz von Nickel-Titan-Legierungen in der Medizintechnik sind Führungsdrähte für Katheter, Gefäßstützen (Stents) sowie endoskopische und laparoskopische Instrumente für die minimalinvasive Diagnose und Therapie.

Die besondere Eigenschaft superelastischer Formgedächtnislegierungen, die darin besteht, daß sie eine elastische Dehnung erfahren können, die bis zu zehn Prozent

beträgt und somit erheblich größer als bei Federwerkstoffen aus Stahl oder Bronze der Fall ist, wird im Rahmen der Erfindung ausgenutzt, um aus einem solchen Federwerkstoff hergestellte Spannelemente einzusetzen, die elastisch gedehnt sind. Da der elastische Dehnungsbereich gegenüber einem Federstahl bis zu zehnmal größer ist, können bei erfindungsgemäßen Spannelementen die Toleranzen größer bemessen sein.

Der nutzbare Effekt ist bei dem erfindungsgemäßen Spannelement etwa um den Faktor drei gegenüber einer weiter oben erläuterten Schrumpfmuffe aus einer Formgedächtnislegierung vergrößert. Eine solche Schrumpfmuffe liegt bei der Montage im martensitischen Zustand vor und wandelt sich bei Temperaturerhöhung in die austenitische Form um. Dabei versucht die Schrumpfmuffe, die ursprünglich eingestellte, kleinere Form einzunehmen, wodurch die Haltekraft aufgebaut wird.

Das erfindungsgemäße Spannelement liegt bei Beginn der Montage bereits im austenitischen Zustand vor und wandelt sich beim elastischen Spannen bzw. Dehnen in den spannungsinduzierten, martensitischen Zustand um. Der nutzbare Effekt kann durch geometrische Gestaltung des Spannelements um ca. den Faktor drei gegenüber der bekannten Schrumpfmuffe vergrößert sein. Bei einem erfindungsgemäßen Spannelement treten bevorzugt keine Längungs-, d.h. Schrumpfungseffekte zur Erzeugung der Haltekraft auf, sondern nur Biegekräfte bzw. Scherkräfte.

Die folgenden Ausführungsbeispiele der Erfindung lassen weitere vorteilhafte Merkmale und Besonderheiten erkennen, die anhand der teilweise schematischen Darstellung in den Zeichnungen im folgenden näher beschrieben und erläutert werden. Es zeigen

- Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Spannelement in Form einer Druckfeder,
- Fig. 2 eine Druckfeder bei der Montage,
- Fig. 3 ein erfindungsgemäßes Verbindungselement mit einer Druckfeder,
- Fig. 4 ein erfindungsgemäßes Spannelement in Form einer Zugfeder,
- Fig. 5 eine Zugfeder bei der Montage,
- Fig. 6 ein erfindungsgemäßes Verbindungselement mit einer Zugfeder,
- Fig. 7 ein erfindungsgemäßes Verbindungselement mit einer Feder und einem Fugenelement,
- Fig. 8 ein erfindungsgemäßes Spannelement in Form einer Schenkelfeder,
- Fig. 9 eine Schenkelfeder bei der Montage,
- Fig. 10 ein erstes erfindungsgemäßes Verbindungselement mit einer Schenkelfeder,
- Fig. 11 ein zweites erfindungsgemäßes Verbindungselement mit einer Schenkelfeder,
- Fig. 12 ein erfindungsgemäßes Verbindungselement in Form einer Spannhülse,
- Fig. 13 eine vorgespannte Spannhülse,
- Fig. 14 einen Querschnitt eines erfindungsgemäßen Verbindungselements mit einer Spannhülse,
- Fig. 15 einen Längsschnitt zu Fig. 14,
- Fig. 16 ein erstes erfindungsgemäßes Verbindungselement mit Schenkelfeder und Spannhülse und
- Fig. 17 ein zweites erfindungsgemäßes Verbindungselement mit Schenkelfeder und Spannhülse.

Die Figuren 1 bis 6 zeigen Seitenansichten erfindungsgemäßer Verbindungselemente, bei denen das Spannelement eine schraubenförmig gewundene Feder 1, 4, 7 umfaßt, in die in axialer Richtung mindestens ein zu verbindendes Bauele-

ment 2 eingesetzt ist. Dabei kann die Feder zum Einsetzen des mindestens einen Bauelements elastisch verformt und vorgespannt und zum Bewirken der Verbindung teilentspannt werden, oder die Feder wird zur Bewirkung der Verbindung gespannt. Ferner kann vorgesehen sein, daß beim Einsetzen des mindestens einen Bauelements die Windungen der Feder zur Vergrößerung des Durchmessers ihrer Windungen etwas aufgedreht werden.

In den Figuren 1 bis 3 ist das Spannelement eine Druckfeder 1. In Fig. 1 ist sie im entspannten Zustand dargestellt. Sie besteht aus einer Formgedächtnislegierung mit superelastischen Eigenschaften. Um zwei drahtförmige Bauelemente 2, 3 stirnseitig miteinander zu verbinden, wird die Druckfeder 1 beim Einsetzen der Bauelemente 2, 3 in axialer Richtung zusammengedrückt und vorgespannt. Dadurch vergrößert sich ihr Durchmesser, so daß die zu verbindenden Teile, wie in Fig. 2 dargestellt, eingeschoben werden können. Die Bauelemente 2, 3 werden auf ihren Stirnseiten zusammengepreßt, was in den Figuren der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt ist.

Die Druckfeder 1 wird dann, wie in Fig. 3 dargestellt ist, teilentspannt, wobei sie sich wieder in Längsrichtung ausdehnt und anstrebt, ihren ursprünglichen, kleineren Durchmesser zu erreichen. Dies wird zum Teil verhindert, da der Durchmesser der zu verbindenden Bauelemente 2, 3 größer als der ursprüngliche und jetzt angestrebte Innendurchmesser der Druckfeder 1 ist. Durch diese Teilentspannung entsteht ein Anpreßdruck der jetzt eng anliegenden Druckfeder 1 auf die zu fügenden Bauelemente 2, 3, der die gewünschten Haltekräfte der Fügeverbindung bewirkt. Die stirnseitig verbundenen Bauelemente 2, 3 sind in Fig. 3 aus Gründen der besseren Darstellbarkeit mit einem Abstand gezeichnet. Zum Lösen der Verbindung kann

die Druckfeder 1 erforderlichenfalls wieder in eine Lage gemäß Fig. 2 zusammengedrückt werden, so daß die Bauelemente 2, 3 herausgezogen werden können.

Die Figuren 4 bis 6 zeigen eine Verbindung zweier Bauelemente 2, 3, die mittels einer in Fig. 4 im entlasteten Zustand dargestellten Zugfeder 4 aus einem superelastischen Formgedächtnismaterial bewirkt wird. Die Zugfeder 4 ist vorzugsweise auf Block, d.h. Windung an Windung gewickelt. Ihre Windungen werden zum Einsetzen der Bauelemente 2, 3 etwas aufgedreht, so daß sich der Durchmesser ihrer Windungen vergrößert, und in axialer Richtung auseinandergezogen. Die Bauelemente 2, 3 werden, was der Übersichtlichkeit halber in Fig. 5 nicht dargestellt ist, mit ihren Stirnseiten zusammengeschoben, und die Zugfeder 4 wird ~~teilweise~~ gespannt. Sie nimmt dann eine Lage gemäß Fig. 6 ein, in der sowohl ihr Durchmesser als auch ihre Länge gegenüber der in Fig. 4 dargestellten Ausgangslage vergrößert und gegenüber der Lage gemäß Fig. 5 verkleinert sind. Hierbei entsteht ein Anpreßdruck auf die eingesetzten Bauelemente 2, 3, der die gewünschten Haltekräfte der Fügeverbindung bewirkt.

In Fig. 7 ist ein Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Verbindungselement mit einer Feder, die eine Druckfeder 1, eine Zugfeder 4 oder eine weiter unten beschriebene Schenkelfeder 7 sein kann, dargestellt. In sie sind zwei stirnseitig aneinander gefügte Bauelemente 2, 3 eingesetzt, die durch die Feder verbunden werden. Die zwei Bauelemente 2, 3 stoßen im Bereich der Feder 1, 4, 7 stirnseitig aneinander oder sind stirnseitig zueinander orientiert. Die Bauelemente 2, 3 sind vorzugsweise stab- bzw. rohrförmig ausgebildet und haben vorzugsweise einen runden Querschnitt.

Alternativ ist es auch möglich, daß die Feder 1, 4, 7 nicht um zwei aneinander gefügte Bauelemente 2, 3, sondern um einen einstückigen Kern gewickelt ist, also in die Feder nur ein zu verbindendes Bauelement eingesetzt ist. Das eingesetzte Bauelement kann dann mittels der Feder, beispielsweise eines Schenkels der Feder, mit einem anderen Teil verbunden werden.

Ein weiteres vorteilhaftes Merkmal, das in Fig. 7 dargestellt ist, kann darin bestehen, daß die zwei Bauelemente 2, 3 im Bereich ihrer Verbindungsstelle von einem Fugenelement, beispielsweise einem dünnwandigen Fugenrohr 5 oder mehreren Fugenschalen, umgeben sind, das die Haltekraft von der Feder auf die zu verbindenden Bauelemente 2, 3 überträgt.

Wenn die Oberflächen der zu verbindenden Bauelemente 2, 3 bzw. eines einstückigen Kerns sehr glatt sind, kann es vorteilhaft sein, wenn die Haltekkräfte dadurch verstärkt werden, daß ein im Eingriff mit dem Spannelement, d.h. der Feder stehender Abschnitt 6 des mindestens einen in die Feder eingesetzten und zu verbindenden Bauelements reibungserhöhend ausgebildet ist, beispielsweise durch Aufrauen, Strukturieren oder Beschichten. In besonderen Ausführungsformen kann auch vorgesehen sein, daß zwei zu verbindende Bauelemente 2, 3 in der Feder in einem Abschnitt 6 parallel nebeneinander angeordnet sind.

In den Figuren 8 bis 11 sind Ausführungsformen erfindungsgemäßer Verbindungselemente dargestellt, bei denen das Spannelement eine in Fig. 8 im entspannten Zustand dargestellte Schenkelfeder 7 mit zwei Schenkeln 8, 9 ist, die aus einer superelastischen Formgedächtnislegierung besteht. Sie kann in einer zu den oben beschriebenen Druckfedern 1 und Zugfedern 4 entsprechenden Weise ver-

wendet werden, wobei auch die anhand von Fig. 7 weiter erläuterten Besonderheiten, beispielsweise einstückige Kerne, Fugenelemente und reibungserhöhende Ausbildungen möglich sind.

Gemäß einer ersten Variante, die in den Figuren 9 und 10 dargestellt ist, werden die Schenkel 8, 9 der Schenkelfeder 7 beim Einsetzen des mindestens einen Bauelements 2, 3 zur Vergrößerung des Durchmessers ihrer Windungen und zum Vorspannen der Schenkelfeder 7 entgegen der Wickelrichtung der Schenkelfeder 7 aufgebogen. Die Schenkel 8, 9 der Schenkelfeder 7 sind dann um einen bestimmten Versetzwinkel gegeneinander versetzt. Nachdem die zu verbindenden Bauelemente 2, 3 in die Schenkelfeder 7 eingeführt sind, wird die Schenkelfeder 7 zum Bewirken der Verbindung teils entspannt und nimmt eine Lage gemäß Fig. 10 ein. Dabei verringert sich der Durchmesser ihrer Windungen und es bildet sich die gewünschte Haltekraft auf die eingesetzten Bauelemente 2, 3 aus.

Alternativ ist es auch möglich, ausgehend von der entspannten Lage der Schenkelfeder 7 gemäß Figur 8 oder ausgehend von der vorgespannten Lage der Schenkelfeder 7 gemäß Fig. 9 die Schenkel 8, 9 der Schenkelfeder 7, nachdem die zu verbindenden Bauelemente 2, 3 in die Schenkelfeder 7 eingeführt sind, zur Verkleinerung des Durchmessers ihrer Windungen für das Bewirken der Verbindung in Wickelrichtung der Schenkelfeder über den entspannten Zustand hinaus zusammenzubiegen. Dabei spannt sich die Schenkelfeder 7 und verringert ihre Steigung, was bis zur Blockbildung durchgeführt werden kann, und ihren Durchmesser.

Die Durchmesserverringerng wird jedoch zum Teil durch die eingesetzten Bauelemente 2, 3 verhindert, sobald der Innendurchmesser der Schenkelfeder 7 auf den zu fügenden

Teilen anliegt. Hierdurch entsteht ein Anpreßdruck, der die gewünschten Haltekräfte der Fügeverbindung bewirkt. Je nachdem, ob die Schenkelfeder 7 in einem Zwischenschritt gemäß Fig. 9 aufgebogen wird oder nicht, sind Bauelemente 2, 3 mit einem größeren oder kleineren Durchmesser als dem Windungsdurchmesser in die Schenkelfeder 7 einsetzbar.

Bei der in Fig. 11 dargestellten Variante wurden Bauelemente 2, 3, die im Durchmesser kleiner als die Schenkelfeder 7 sind, in einem Ausgangszustand gemäß Fig. 8 eingesetzt, und die Schenkel 8, 9 wurden in Wickelrichtung der Feder zusammengebogen. Dabei werden die Schenkel 8, 9 bevorzugt bis zu einer Orientierung zusammengebogen, in der sie in gleicher Richtung stehen. Es ist dann einfacher, die Schenkel 8, 9 zueinander zu fixieren, um dadurch die Aufrechterhaltung der Federspannung zu sichern.

Hierzu können die Schenkel 8, 9 beispielsweise nebeneinander liegen und mit einem Abschnitt aus einem Federrohr, der über die Schenkelenenden 8, 9 geschoben ist und vorzugsweise aus einem superelastischen Formgedächtnismaterial besteht und somit einer nachfolgend beschriebenen Spannhülse 10 entspricht, zusammengehalten werden. Gleichzeitig können bei Bedarf in das andere Ende der Hülse, mittels der die gespannten Schenkel 8, 9 der Schenkelfeder 7 fixiert werden, ein oder mehrere weitere Teile eingeführt und ebenfalls verbunden werden.

Die Figuren 12 bis 15 veranschaulichen ein erfindungsgemäßes Verbindungselement, bei dem das Spannelement eine Spannhülse 10 aus einem superelastischen Formgedächtnismaterial umfaßt. Ein Querschnitt durch die Spannhülse 10 ist in Fig. 12 dargestellt. Sie weist im entspannten Zustand vorzugsweise einen runden Querschnitt und im vorge-

spannten Zustand gemäß Fig. 13 und im teilentspannten Zustand gemäß Fig. 14 einen ovalen Querschnitt auf.

Zum Einführen der zu verbindenden Bauelemente 2, 3 in axialer Richtung in die Spannhülse 10 wird diese aus der in Fig. 12 dargestellten Position durch Zusammendrücken in die ovale Form gemäß Fig. 13 gebracht. Dabei wird sie elastisch verformt und vorgespannt. In diesem Zustand werden, wie in dem Querschnitt gemäß Fig. 14 dargestellt ist, die beiden zu verbindenden Bauelemente 2, 3 eingeführt und danach wird die Spannhülse 10 entlastet.

Durch die Entlastung wird die Spannhülse 10 teilentspannt und strebt an, ihren ursprünglichen, runden Ausgangszustand einzunehmen. Dies wird jedoch teilweise verhindert, da die eingesetzten Bauelemente 2, 3 zusammen ein größeres Maß ergeben als der ursprüngliche Innendurchmesser der Spannhülse 10. Hierdurch wird eine Kraft aufgebaut, die die zu verbindenden Bauelemente 2, 3 aneinanderpreßt und zuverlässig verbindet. Zum Lösen der Verbindung kann die Spannhülse 10 wieder in eine Form gemäß Fig. 13 zusammengedrückt und in die vorgespannte Lage gebracht werden, so daß die Bauelemente 2, 3 herausgezogen werden können.

Gegenüber einem konventionellen Federstahl oder einer Federbronze, die maximal um 0,5% elastisch gedehnt werden können, bietet die erfindungsgemäße Spannhülse 10 aus einer superelastischen Formgedächtnislegierung den Vorteil, daß sie bis zu 8% oder mehr elastisch gedehnt werden kann. Es ist daher möglich, größere Toleranzen zuzulassen, wobei beispielsweise die Hälfte des nutzbaren Dehnungsbereichs für die Fertigungstoleranzen und die andere Hälfte für die Aufrechterhaltung der elastischen Verfor-

mung und das Bewirken der Haltekräfte genutzt werden kann.

Auch gegenüber bekannten Schrumpfhülsen aus Formgedächtnislegierungen, die für Schrumpfverbindungen eingesetzt werden, bieten die erfindungsgemäßen Spannhülsen 10 erhebliche Vorteile, da größere Toleranzen und Maßabweichungen zugelassen werden können, ohne die Funktion zu beeinträchtigen. So kann zum Beispiel eine vorgedehnte Schrumpfhülse von einem Innendurchmesser von 0,80 mm maximal auf einen Innendurchmesser von 0,76 mm geschrumpft werden. Ein runder, superelastischer Rohrabschnitt einer Spannhülse 10 kann dagegen von einem Innendurchmesser von 0,80 mm bis auf einen Innendurchmesser von 0,47 mm zusammengedrückt werden, ohne daß eine bleibende Formänderung des vorgespannten Rohrs eintritt. Die Haltekräfte werden dabei durch elastische Verformungen, Biegekräfte und Dehnungen erzeugt.

In dem Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 12 bis 14 beträgt der Außendurchmesser der Spannhülse 10 im Ausgangszustand gemäß Fig. 12 1,00 mm und der Innendurchmesser 0,82 mm. In der vorgespannten Lage gemäß Fig. 13 beträgt ihr großer Außendurchmesser 1,62 mm, der große Innendurchmesser 1,44 mm, der kleine Außendurchmesser 0,64 mm und der kleine Innendurchmesser 0,46 mm. Der Durchmesser der beiden Bauelemente 2, 3 beträgt jeweils 0,45 mm, so daß in der teilentspannten Lage gemäß Fig. 14 die Spannhülse 10 folgende Abmessungen aufweist: großer Außendurchmesser 1,10 mm, großer Innendurchmesser 0,92 mm, kleiner Außendurchmesser 0,90 mm und kleiner Innendurchmesser 0,72 mm.

Fig. 15 zeigt einen Schnitt A - A' gemäß Fig. 14. Der Schnitt B - B' entspricht der Darstellung von Fig. 14.

Man erkennt, daß in die rohrförmige Spannhülse 10 die zu verbindenden Bauelemente 2, 3 eingesetzt sind, die in der Spannhülse 10 in einem Abschnitt parallel nebeneinander angeordnet sind. Alternativ können auch mehr als zwei zu verbindende Bauelemente in die Spannhülse 10 eingeführt werden. Die jeweiligen Enden der verbundenen Bauelemente 2, 3 können, wie in Fig. 15 dargestellt, im Innern der Spannhülse 10 liegen oder auch aus der Spannhülse 10 herausragen. Die von der Spannhülse 10 erzeugte Haltekraft wird durch die mechanischen Werkstoffeigenschaften, die Abmessungen, die geometrischen Verhältnisse und die Oberflächenbeschaffenheiten bestimmt. Wenn die Spannhülse 10 eine entsprechende Länge aufweist, kann mit ihr eine Zugfestigkeit der Verbindung erreicht werden, die höher ist als diejenige der verbundenen Bauelemente 2, 3.

Die Fig. 16 zeigt ein Verbindungselement, das die Funktion einer T-Abzweigung erfüllt. Um ein Bauelement 2 ist eine Schenkelfeder 7 gewickelt, deren Schenkel 8, 9 durch eine Spannhülse 10 fixiert sind. Auf diese Weise wird eine feste Verbindung zwischen der Schenkelfeder 7 und dem Bauelement 2 bewirkt. In die Spannhülse 10 ist ferner ein weiteres Bauelement 3 eingeführt und zusammen mit den Schenkeln 8, 9 befestigt. Es wird zusammen mit den Schenkeln 8, 9 von der Spannhülse 10 mittels elastischer Verformungskräfte gehalten.

In Fig. 17 ist eine Schenkelfeder 7 um ein Bauelement 2 gewickelt und mit diesem beispielsweise gemäß der in den Figuren 10 und 11 beschriebenen Weise verbunden. Der eine Schenkel 8 ist mittels einer Spannhülse 10 mit einem weiteren Bauelement 3 verbunden, und der andere Schenkel 9 ist mittels einer anderen Spannhülse 10a mit einem weiteren Bauelement 3a verbunden. Auf diese Weise können beispielsweise Kreuzverbindungen realisiert werden.

Patentansprüche

1. Verbindungselement zum mechanischen Verbinden von Bauelementen (2, 3), umfassend ein elastisch verformbares Spannelement, das im elastisch verformten Zustand eine Haltekraft auf mindestens ein verbundenes Bauelement (2) ausübt, durch die eine kraftschlüssige Verbindung des mindestens einen Bauelements (2) mit dem Spannelement oder einem anderen Bauelement (3) bewirkt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Spannelement einen Federwerkstoff aus einer superelastischen Formgedächtnislegierung, insbesondere einer Nickel-Titan-Legierung, umfaßt, der in dem Spannelement elastisch gedehnt ist.
2. Verbindungselement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Spannelement eine schraubenförmig gewundene Feder (1, 4, 7) umfaßt, in die in axialer Richtung mindestens ein zu verbindendes Bauelement (2) eingesetzt ist.
3. Verbindungselement nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Feder (1, 4, 7) zum Einsetzen des mindestens einen Bauelements (2) elastisch verformt und vorgespannt und zum Bewirken der Verbindung teilsentspannt wird.

4. Verbindungselement nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Feder (1, 4, 7) zum Bewirken der Verbindung gespannt wird.
5. Verbindungselement nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Feder eine Druckfeder (1) ist, die beim Einsetzen des mindestens einen Bauelements (2) in axialer Richtung zusammengedrückt wird.
6. Verbindungselement nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Feder eine Zugfeder (4) ist, die beim Einsetzen des mindestens einen Bauelements (2) in axialer Richtung auseinandergezogen wird.
7. Verbindungselement nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim Einsetzen des mindestens einen Bauelements (2) die Windungen der Feder (1, 4) zur Vergrößerung des Durchmessers ihrer Windungen etwas aufgedreht werden.
8. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Feder eine Schenkelfeder (7) ist.
9. Verbindungselement nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schenkel (8, 9) der Schenkelfeder (7) beim Einsetzen des mindestens einen Bauelements (2) zur Vergrößerung des Durchmessers ihrer Windungen und zum Vorspannen der Schenkelfeder (7) entgegen der Wickelrichtung der Schenkelfeder (7) aufgebogen werden.

10. Verbindungselement nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schenkelfeder (7) zum Bewirken der Verbindung teilentspannt wird.
11. Verbindungselement nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schenkel (8, 9) der Schenkelfeder (7) zur Verkleinerung des Durchmessers ihrer Windungen für das Bewirken der Verbindung in Wickelrichtung der Schenkelfeder (7) über den entspannten Zustand hinaus zusammengebogen werden.
12. Verbindungselement nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schenkelfeder (7) beim Einsetzen des mindestens einen zu verbindenden Bauelements (2) entspannt ist und die Schenkel (8, 9) der Schenkelfeder (7) zur Verkleinerung des Durchmessers ihrer Windungen und zum Erzeugen einer Spannung in der Schenkelfeder (7) für das Bewirken der Verbindung in Wickelrichtung der Schenkelfeder (7) zusammengebogen werden.
13. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 2 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Feder (1, 4, 7) ein zu verbindendes Bauelement (2) eingesetzt ist.
14. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 2 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Feder (1, 4, 7) zwei zu verbindende Bauelemente (2, 3) eingesetzt sind.
15. Verbindungselement nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zwei Bauelemente (2, 3) stirnseitig aneinanderstoßen oder stirnseitig zueinander orientiert sind.

16. Verbindungselement nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zwei Bauelemente (2, 3) im Bereich ihrer Verbindungsstelle von einem Fugenelement, insbesondere einem Fugenrohr (5) oder mehreren Fugenschalen, umgeben sind, das die Haltekraft von der Feder (1, 4, 7) auf die zu verbindenden Bauelemente (2, 3) überträgt.
17. Verbindungselement nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zwei Bauelemente (2, 3) in der Feder (1, 4, 7) in einem Abschnitt (6) parallel nebeneinander angeordnet sind.
18. Verbindungselement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Spannelement eine Spannhülse (10) umfaßt, ~~in die~~ in axialer Richtung mindestens ein zu verbindendes Bauelement (2) eingesetzt ist, wobei die Spannhülse (10) zum Einsetzen des mindestens einen Bauelements (2) durch Zusammendrücken elastisch verformt und vorgespannt und zum Bewirken der Verbindung teilentspannt wird.
19. Verbindungselement nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Spannhülse (10) im entspannten Zustand einen runden Querschnitt und im vorgespannten und teilentspannten Zustand einen ovalen Querschnitt aufweist.
20. Verbindungselement nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Spannhülse (10) zwei zu verbindende Bauelemente (2, 3) eingesetzt sind, die in der Spannhülse (10) in einem Abschnitt parallel nebeneinander angeordnet sind.

21. Verbindungselement nach Anspruch 8 und einem der Ansprüche 18 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Spannhülse (10) mindestens einer der Schenkel (8, 9) der Schenkelfeder (7) eingesetzt ist.
 22. Verbindungselement nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Spannhülse (10) beide Schenkel (8, 9) der Schenkelfeder (7) eingesetzt sind.
 23. Verbindungselement nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet**, daß in die Spannhülse (10) ein weiteres zu verbindendes Bauelement (3) eingesetzt ist, das in der Spannhülse (10) neben dem mindestens einen Schenkel (8) der Schenkelfeder (7) angeordnet ist.
 24. Verbindungselement nach einem der Ansprüche 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein im Eingriff mit dem Spannelement stehender Abschnitt (5) des mindestens einen zu verbindenden Bauelements (2) reibungserhöhend ausgebildet ist.
-

Bezugszeichenliste

- 1 Druckfeder
- 2 erstes Bauelement
- 3 zweites Bauelement
- 4 Zugfeder
- 5 Fugenrohr
- 6 Abschnitt
- 7 Schenkelfeder
- 8 erster Schenkel
- 9 zweiter Schenkel
- 10 Spannhülse

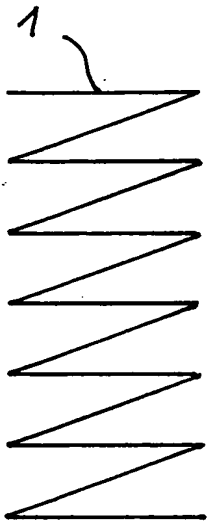


Fig. 1

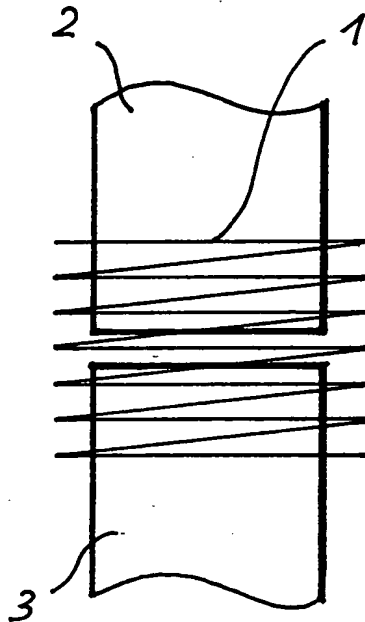


Fig. 2

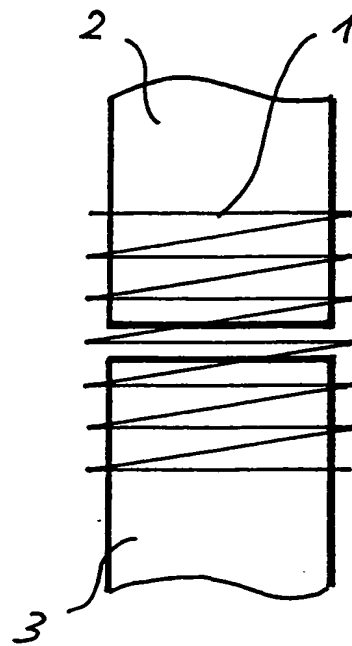


Fig. 3

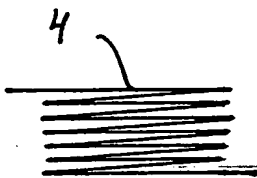


Fig. 4

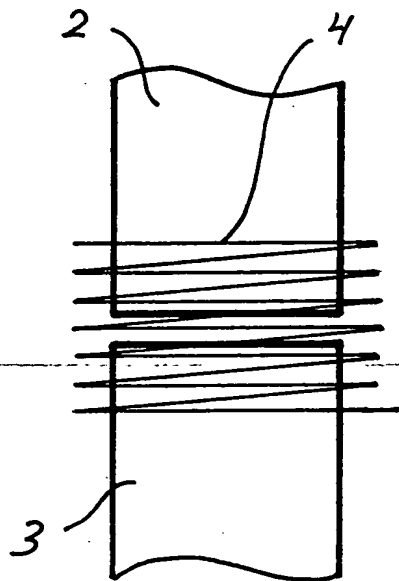


Fig. 5

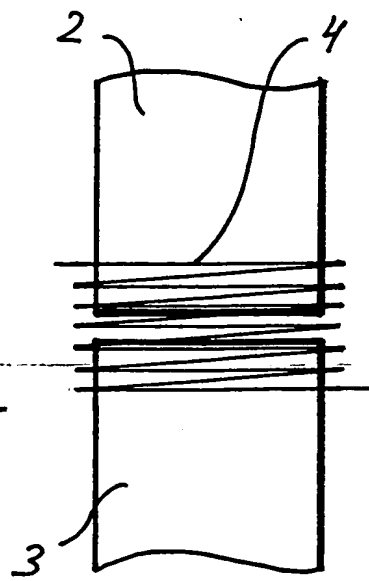


Fig. 6

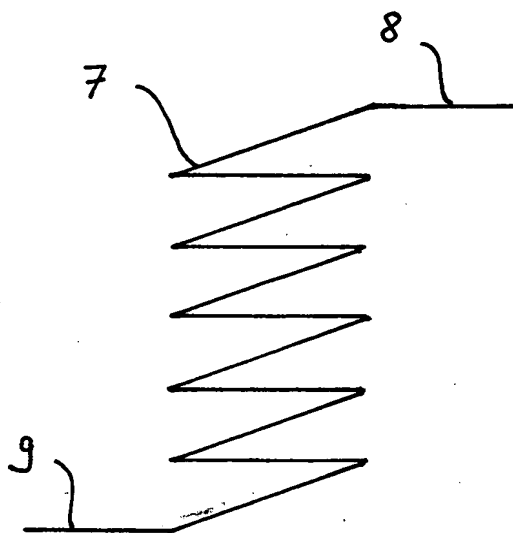


Fig. 8

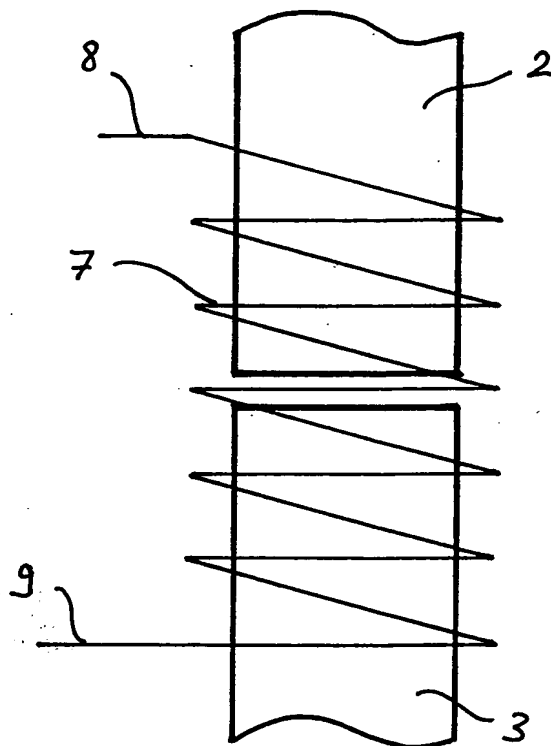


Fig. 9

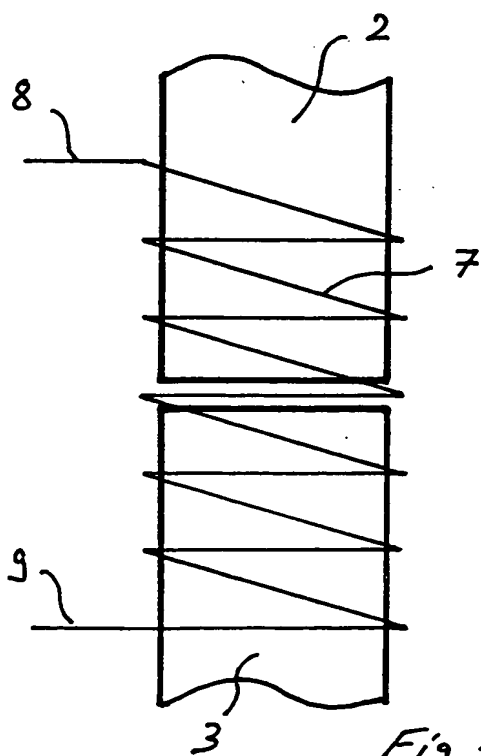


Fig. 10

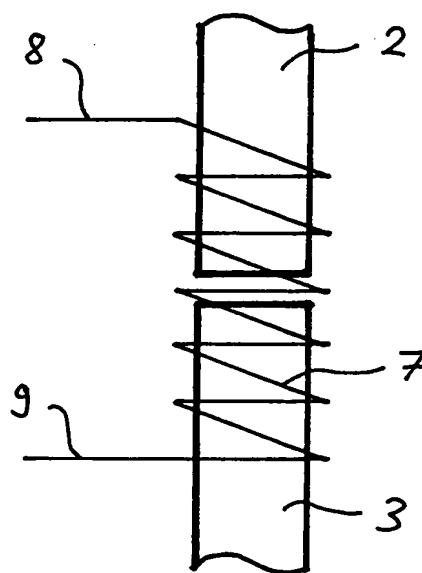


Fig. 11

3/5

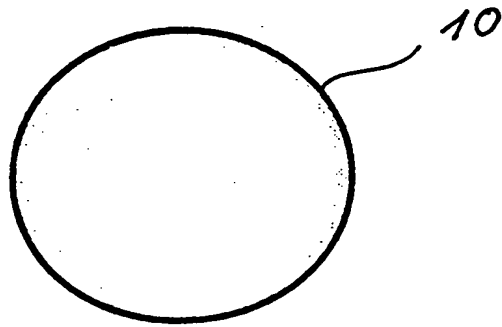


Fig. 12

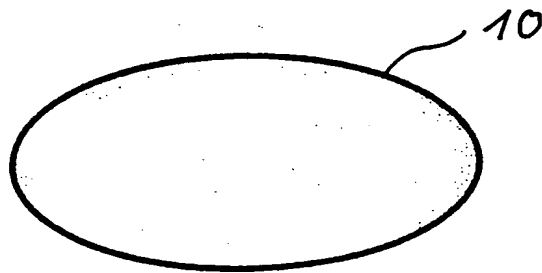


Fig. 13

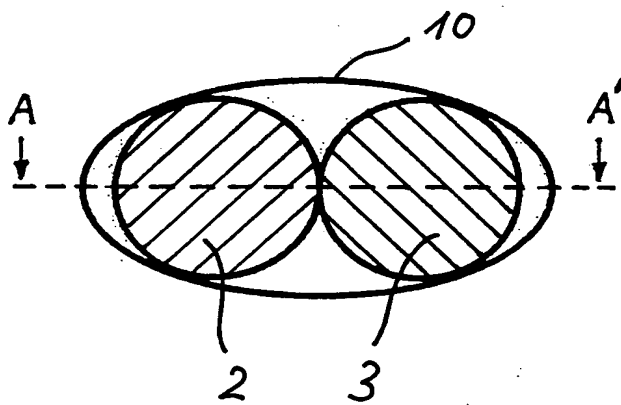


Fig. 14

4/5

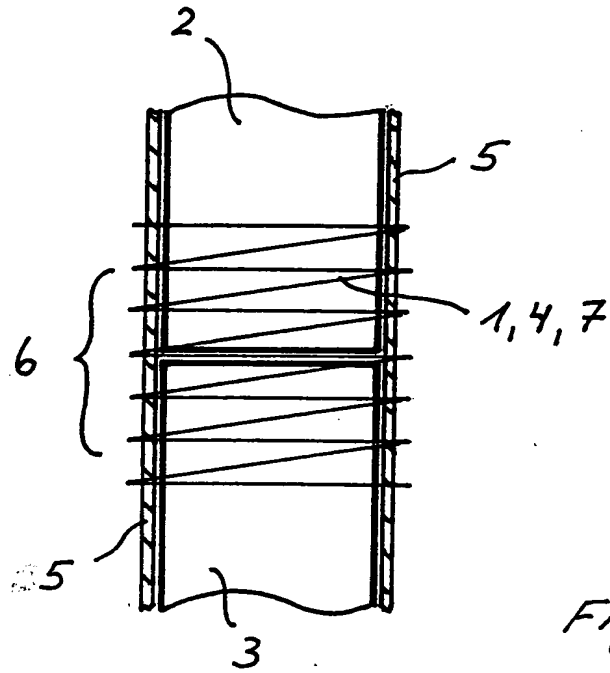


Fig. 7

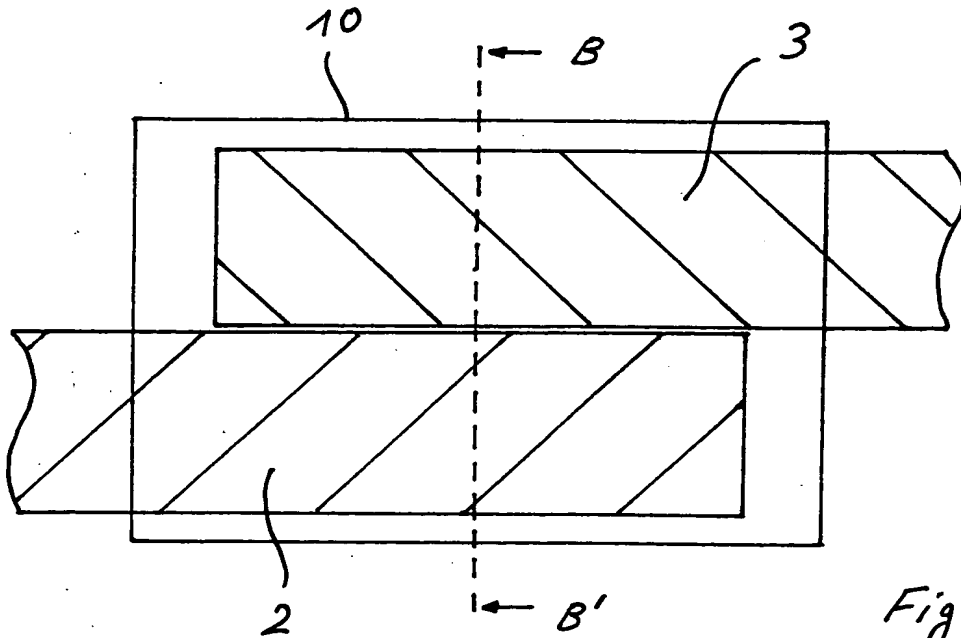


Fig. 15

5/5

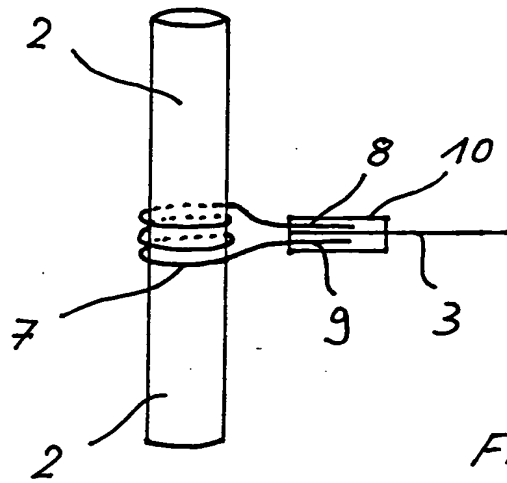


Fig. 16

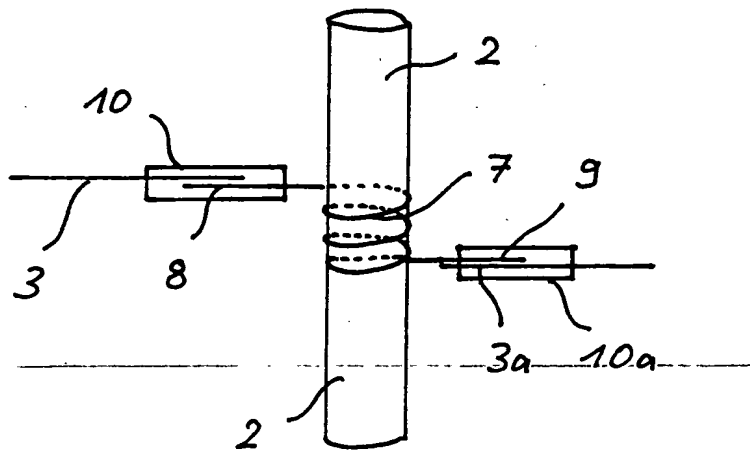


Fig. 17

THIS PAGE BLANK (USP)